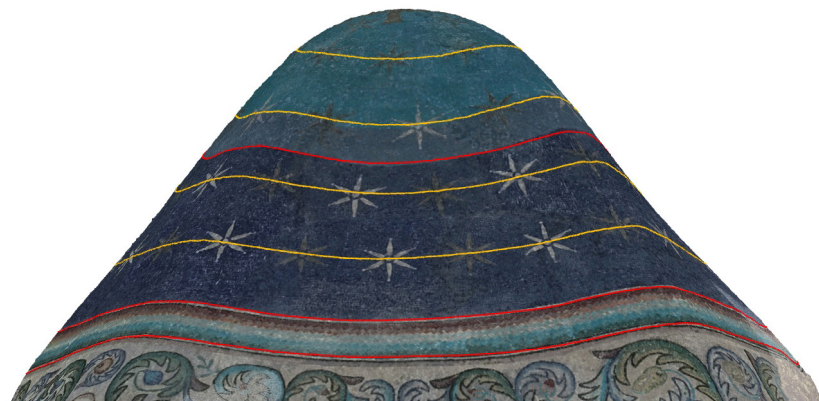
La proiezione centrale come sistema di tracciamento sulle pseudo-cupole del V secolo

Manuela Incerti

Abstract

In una precedente ricerca sulla decorazione della pseudo-cupola del Mausoleo di Galla Placidia (432-450) è stata evidenziata la presenza di una regola geometrica nel tracciamento del famoso cielo stellato composto da circoli di stelle che non giacciono su piani orizzontali. Dal rilievo strumentale e dalla sua restituzione nelle viste ortogonali si evince, anche ad un primo sguardo, che l'andamento degli astri dorati è riconducibile ad una curva sghemba (una sorta di festone), che nello studio è stata rapportata all'intersezione di un cono con asse verticale con la superficie, non regolare, della copertura. Fissata la posizione del vertice del cono (coincidente con il centro di proiezione) al variare del suo angolo al vertice si ottengono le curve utili a disporre le stelle. Il presente lavoro propone due inediti casi coevi per avvalorare l'ipotesi precedentemente formulata: si tratta della pseudo-cupola di Santa Maria della Croce di Casaranello (Lecce, V secolo) e della volta della Cappella della Pace della necropoli paleocristiana di el-Bagawat (Egitto, prima metà del V secolo).

Parole chiave
Rilievo, proiezioni centrali, pseudo-cupole, curve sghembe, tracciamenti

Topics
Dedurre, indagare, comprendere

Vista ortogonale della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello con le curve sghembe.

doi.org/10.3280/oa-832-c49

Introduzione

Questa ricerca ha preso il via dal rilevamento del Mausoleo di Galla Placidia realizzato mediante laser scanner Faro Focus X 330 e fotogrammetria digitale [Incerti et al. 2018]: a partire dai dati morfologici e materici tra loro integrati è stato possibile innescare un nuovo percorso di analisi che si sviluppa, grazie alle potenzialità della grafica digitale, nell'ambito dei processi di *reverse modelling*.
Dall'analisi dei dati è emersa l'esistenza di una regola geometrica nella texture del cielo stellato della pseudo-cupola e, in seguito, è stata formulata l'ipotesi di una macchina di cantiere utile a realizzarne il tracciamento. Le viste ortogonali ai piani principali (fig. 01) consentono di apprezzare come l'andamento dei giri di stelle, percepito sul posto come circolare e piano, in realtà è assimilabile ad una curva sghemba, risultato di un'operazione di proiezione sulla superficie della copertura da un punto collocato centralmente, circa all'altezza della base delle finestre. La regola geometrica sottesa si fonda su una serie di coni retti, il cui angolo al vertice aumenta progressivamente, e la cui possibilità di materializzazione è data dalla conoscenza dei principi di funzionamento dello strumento astronomico chiamato *Triquetro* e della *Tavola delle corde* di Tolomeo [Incerti, Giannetti 2020].
Il presente lavoro, partendo dal caso di Galla Placidia, costituisce il proseguimento della ricerca indirizzata a individuare altri casi simili, comparabili per periodo storico, allo scopo di contribuire alla comprensione del sapere geometrico, teorico e pratico, nei cantieri di età paleocristiana così come all'individuazione di possibili relazioni tra aree geografiche e culturali.

La decorazione della pseudo-cupola di Galla Placidia

Eretto tra il 432 e il 450 [David 2013, pp. 95-97], probabilmente il Mausoleo era originariamente uno dei due sacelli posti all'estremità del nartece della basilica di Santa Croce (424), celebre edificio sacro tra i più antichi di Ravenna. L'apparato musivo che ricopre la maggior parte delle superfici interne, in eccellente stato di conservazione, è universalmente noto quale testimonianza delle abilità tecniche ed artistiche attive in Ravenna capitale, nel periodo di declino dell'Impero Romano d'Occidente. Si presenta oggi come un piccolo edificio isolato a croce latina con i bracci coperti da volte a botte, mentre all'incrocio di questi è una pseu-

Fig. 01. Sovrapposizione tra la nuvola di punti prodotta con rilievo laser scanner e l'ortofoto elaborata con fotogrammetria digitale (interni: 212 foto, 90 targets).

do-cupola delimitata dai quattro piani degli arconi del vano centrale, con base assimilabile ad un parallelogramma regolare di lati opposti pari a circa 12.5 e 12.1 piedi romani (3.70 e 3.59 metri). La pseudo-cupola è decorata con 567 stelle dorate ad otto punte su fondo blu e presenta al centro una grande croce con orientamento est-ovest, mentre sugli angoli sono le figure dei quattro esseri viventi (fig. 01). Su questa architettura e sul suo cielo stellato si è concentrata l'attenzione di illustri studiosi che, a partire dall'inizio del XX secolo, ne hanno indagato aspetti storici, artistici, iconografici, ma anche tecnologici e conservativi. Per la vasta bibliografia si rimanda a [Bovini 1950; Iannucci 1995, 1996; Penni 2021; Ranaldi 2011; Ricci 1914; Rizzardi 2005; Rizzardi et al. 1996; Swift, Alwis 2010].Come è stato ricordato, un primo contributo alla conoscenza del motivo decorativo è venuto dall'individuazione del principio geometrico utilizzato per il suo tracciamento, a seguire sono poi state definite le misure angolari relative al fascio di coni, la cui intersezione con la mesh ci restituisce gli andamenti "festonati" relazionabili ad una curva sghemba (figg. 02, 03). Come è noto, le curve sghembe vennero indagate già dall'antichità, si pensi ad esempio alla curva di Archita di Taranto, e all'ippopeta di Eudosso di Cnido [De Carlo 2019; Gay 2000; Salvatore 2019]. Il centro del sistema è posto alla quota del filo inferiore dell'ultimo ordine di finestre. L'angolo al vertice dei coni utilizzati aumenta, progressivamente, di alcune quantità "tonde" pari a 2°, 2,5° e 3°; la sequenza utilizzata per la misura dell'angolo tra la generatrice e la verticale è dunque: 2°, 4°, 7°, 10°, 13°, 16°, 19°, 21°, 23°, 25°, 27.5°, 30°, 32°, etc.

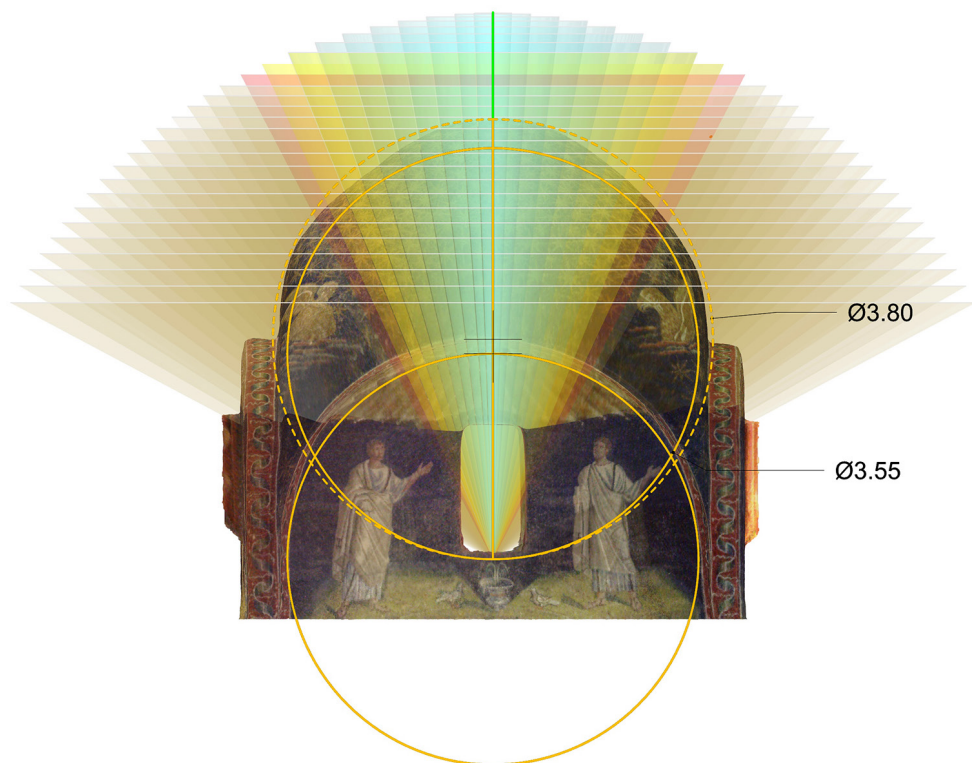



Fig. 02. Il fascio di coni dalla cui intersezione con la superficie della cupola si ottengono le curve sghembe utili al tracciamento dell'apparato decorativo. In giallo i due cerchi con diametro di 12 piedi (3.55 metri) alla base della composizione geometrica.

Per riuscire a materializzare nello spazio un tale sistema di coni è stato necessario mettere in opera una macchina di cantiere il cui funzionamento può essersi ispirato allo strumento astronomico chiamato *triquetro*. Tolomeo ne descrive la forma e l'uso nell'*Almagesto* (libro V, cap. XII): attraverso l'uso di due aste graduate e una terza provvista di due mire, è possibile misurare l'angolo zenitale di un corpo celeste passante per il meridiano locale. Alla base del suo funzionamento è la tavola delle corde (la cui versione più antica a noi pervenuta è anch'essa da attribuire a Tolomeo) che fornisce la relazione tra l'angolo al centro di una circonferenza e la relativa corda sottesa (*Almagesto*, libro I, cap. X e XI).

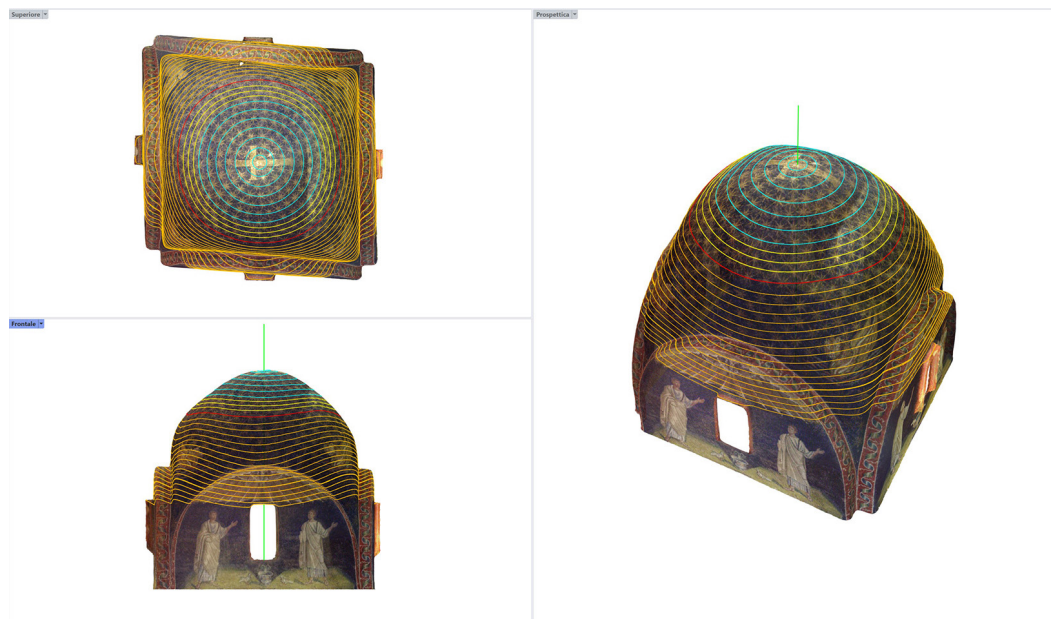



Fig. 03. Andamento "festonato" delle curve sghembe che diviene sempre più evidente procedendo dall'alto verso il basso.

La macchina di cantiere era dunque composta di tre aste la cui lunghezza è compatibile con la base "6" sottomultiplo della tavola delle corde, visto che le dimensioni della cupola sono leggermente maggiori di 12 piedi romani. Per riuscire a determinare le intersezioni del fascio dei coni proiettanti (il cui vertice è sulla circonferenza di raggio 6 piedi alla quota della base delle finestre) con la superficie della cupola occorre prolungare la direzione dell'asta grazie ad un sistema telescopico con punta tracciante.

La decorazione della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello

Nella letteratura sull'architettura paleocristiana spesso sono proposte analogie tra il Mausoleo di Galla Placidia e alcuni edifici sacri a pianta cruciforme, di dimensioni contenute, in cui sono però presenti (nel raro caso in cui sono sopravvissute) delle volte a crociera oppure a vela.
A titolo di esempio sono state evidenziate le assonanze con l'*Apostoleion* di Costantinopoli, con la *Basilica Apostolorum* e con San Simpliciano di Milano. La tipologia è quella dei sacelli cruciformi, diffusi tra il V e il VI secolo, da mettere in relazione con la tradizione funeraria dell'Asia Minore, della Cappadocia, Licia, Calicia, Grecia e Armenia. Negli studi sono infine menzionati i numerosi sacelli con pianta a croce greca lungo la costa adriatica (fine V - inizio VI secolo) [Lo Prete 1964; Rizzardi 1996]. Non comuni sono le decorazioni che evocano cieli stellati (almeno quelle sopravvissute) recentemente oggetto di una prima indagine [Incerti et al. 2021]
La chiesa di Santa Maria di Casaranello, anticamente nota come Madonna della Croce, è un edificio sacro di medie dimensioni che sorge in una frazione del Comune di Casarano, in provincia di Lecce. Nella sua attuale conformazione i quattro bracci della croce latina sono coperti da volte a botte, mentre all'incrocio di questi è una pseudo-cupola delimitata dai quattro piani degli arconi del vano centrale, con base pressoché quadrata, con lato pari a circa 10.5 piedi romani (la misura media del lato è di 3.11 metri). Dalla sua "riscoperta" nel 1906 ad opera di Haseloff, questa architettura è stata costantemente messa in rapporto con il nostro edificio ravennate in ragione del ciclo musivo che decora la campata centrale del suo transetto: un cielo con 67 stelle al cui centro è una grande croce (fig. 04).
L'impianto dell'edificio, non ancora pienamente risolto anche in merito alle fasi costruttive [Stefàno 2018; Danieli, De Marco 2020], viene fatto risalire alla prima fase del V secolo proprio in ragione dei mosaici [Cecchelli Trinci, 1974], anche se nuovi studi ne posticipano la datazione alla fine del V inizio VI secolo [Falla, Castelfranchi 2005].

Fig. 04. Vista di dettaglio della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello (foto di Alessandro De Marco).

Il rilievo fotogrammetrico della copertura (figg. 05, 06) (50 fotografie elaborate con *Metashape, Agisoft*) ha consentito di dare una prima risposta a quanto solamente intuito da alcuni (pochi) degli studiosi che si sono occupati dell'edificio e della morfologia della sua pseudo-cupola: già Bartoccini nel 1934 scrive infatti di una cupola dal profilo "piriforme" [Bartoccini 1934, p. 163]. Questa superficie, apparentemente irregolare, non è riconducibile ad operazioni di rivoluzione di una curva, ad una volta a crociera o a padiglione. La sua genesi geometrica, per la quale si rimanda ad altro saggio, trova delle stringenti analogie con quella di Galla Placidia: la "zona dei pennacchi" presenta infatti una superficie in assoluta continuità con le restanti parti. Come è stato già evidenziato [Incerti, Giannetti 2020], si tratta di una tipologia che persiste nella tradizione costruttiva pugliese di età medioevale: questo si evince dalla soluzione in pietra di San Vito a Corato (Bari, XI-XII secolo) e di diversi altri edifici già ampiamente documentati (De Cadilhac et al. 2008; Perfido 2008; Rossi 2008). Non abbiamo testimonianze sull'andamento dell'apparecchiatura di questa pseudo-cupola, ma dalla corrispondenza intercorsa per i restauri del 1913-14 apprendiamo che la sua struttura è in conci di tufo [Stefàno 2018, p. 610].

Il suo partito decorativo è suddivisibile in diverse fasce concentriche (fig. 07). A partire dalla chiave abbiamo: 1) la croce latina affiancata da 4 stelle di colore grigio su sfondo turchese; 2) giro di 9 stelle grigie su sfondo turchese; 3) giro di 13 stelle di colore alternato grigio e bianco

Fig. 05. Viste ortogonali della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello. Sulla destra i coni con angolo al vertice di 80° dalla cui intersezione con la superficie della copertura si ottengono le curve dell'impianto decorativo (in evidenza a sinistra).

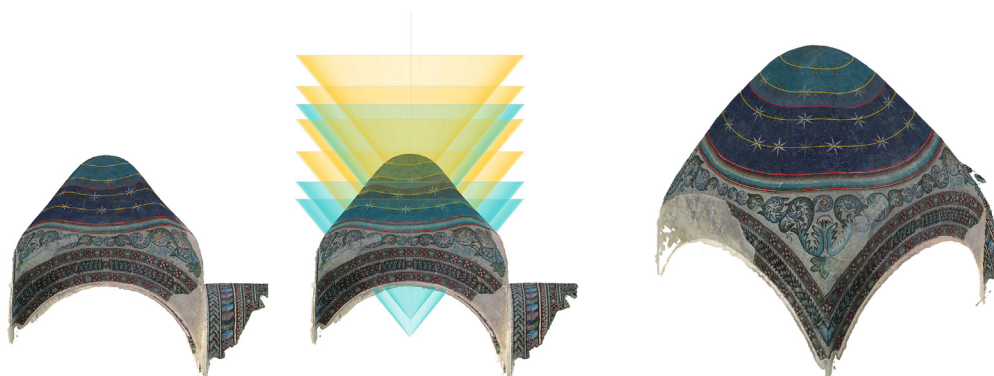
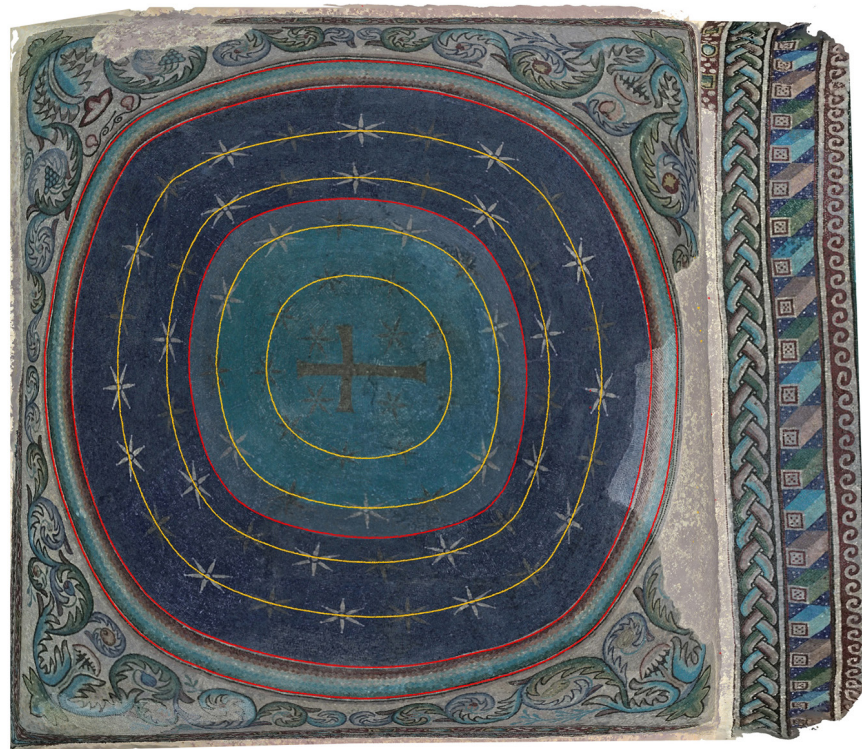



Fig. 06. Vista prospettica della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello. In rosso le curve relative ai coni azzurri (fasce geometriche del decoro), in giallo quelle relative ai coni gialli (circoli di stelle).

Fig. 07. Vista ortogonale superiore della pseudo-cupola di Santa Maria di Casaranello. In rosso le curve relative ai coni azzurri (fasce geometriche del decoro), in giallo quelle relative ai coni gialli (circoli di stelle).

(il numero dispari comporta l'affiancamento di due stelle bianche) a cavallo del passaggio di colore dello sfondo che da turchese diventa azzurro-indaco; 4) linea limite tra lo sfondo azzurro-indaco e blu scuro; 5) giro di 18 stelle di colore alternato grigio e bianco su sfondo blu scuro; 6) giro di 23 stelle di colore alternato grigio e bianco (il numero dispari comporta l'affiancamento di due stelle bianche) su fondo blu scuro; 7) fascia delimitata da una linea composta da una sola tessera bianca cui seguono: una linea nera (di una sola tessera), un motivo policromo (che evoca un arcobaleno) a rombi formati da 4 tessere (in sequenza rosso, grigio, arancione, giallino, azzurro, bianco, azzurro, turchese, azzurro, turchese, verde); 8) l'ultima fascia è costituita da una linea nera, una bianca, e una nera, tutte realizzate con una sola tessera, seguite da una linea di due tessere grigie. Escludendo le 4 stelle centrali, si contano dunque sette curve con andamento sghembo che sono state tracciate sulla superficie.
Anche in questo caso, già ad occhio nudo, è possibile cogliere delle apparenti irregolarità nel tracciamento del decoro che diventano evidentissime nelle ortofoto: le curvature dei vari circoli sembrano contrarsi in corrispondenza dei quattro angoli del piccolo vano.
Tali andamenti sono ancora una volta coerenti con l'intersezione di un sistema di coni con la superficie della pseudo-cupola. In questo caso, tuttavia, il centro non è unico, ma si sposta progressivamente verso l'alto mentre resta costante la misura dell'angolo al vertice del cono che è di 80° per tutte e sette le fasce.

La decorazione della volta della Cappella della Pace di el-Bagawat

L'applicazione di questo processo allo studio di analoghe pseudo-cupole coeve non è immediata per la difficoltà di trovare esempi affini per epoca e morfologia. Non solo, come è stato già scritto, sono rare le rappresentazioni dei cieli stellati, ma sono anche ignorate queste particolari superfici, non riconducibili ad operazioni di rivoluzione o traslazione. Nel corso della ricerca di esempi cronologicamente prossimi, l'incontro con le coperture di alcuni mausolei copti egiziani su cui sono tracciati andamenti apparentemente circolari, ha consentito, pur con le differenze tipologiche di seguito evidenziate, di introdurre un ulteriore caso di studio sul processo di tracciamento.

La necropoli paleocristiana di el-Bagawat si trova in Egitto, vicino alla città di Kharga, e custodisce un numero molto elevato di mausolei, 263 strutture funerarie con valore monumentale, datate tra la fine del III e l'inizio del VI secolo d.C. Le costruzioni che ricoprono l'area archeologica sono riconducibili ad alcune tipologie identificate e catalogate in ragione delle caratteristiche architettoniche e planimetriche [Cipriano 2008]. Si tratta di piccoli edifici a pianta quadrata o rettangolare in mattoni crudi, generalmente finiti in intonaco di fango a cui segue, in alcuni casi, una finitura in latte di calce o intonaco bianco. La camera ipogea, destinata ad accogliere le sepolture, veniva scavata nel terreno roccioso, spesso al centro dello spazio delimitato superiormente da una copertura piana oppure simile ad una volta a vela ribassata, secondo tecniche abbastanza diffuse anche in altre necropoli egizie [Cipriano 2008, p. 30].
La Cappella della Pace [Cipriano 2008, p. 195] si trova nell'area sud-est del cimitero, ha una pianta quadrata di lato pari a 3.2 metri circa e una volta, apparentemente a vela, decorata con un complesso programma organizzato in più fasce concentriche delimitate da circonferenze rosso mattone (figg. 08, 09). Partendo dalla chiave troviamo un foro e un'area senza disegni definita dal primo cerchio di colore rosso; nella seconda fascia è presente un motivo con tralci e grappoli; nella terza una ghirlanda a motivi vegetali; nella quarta (la maggiore) sono dei personaggi biblici e allegorici i cui nomi in lingua greca sono iscritti nel terzo cerchio rosso. Altri due cerchi rossi (quarto e quinto) delimitano un'ultima fascia con motivi geometrici. Sui quattro angoli, in tondi di colore ancora una volta rosso, sono le rappresentazioni di quattro pavoni. La datazione proposta per questo edificio è prima metà del V secolo d.C.

La base per l'analisi dei dati è stata fornita dal modello elaborato mediante fotogrammetria digitale (*Agisoft Metashape*) da cui sono state estratte le sole superfici interne della cappella. Il dato morfologico insieme a quello materico consentono di mettere in campo la medesima procedura già illustrata per i due casi precedenti. Così come per Santa Maria di Casaranello, il primo limite di questo tipo di modelli risiede nell'assenza del dato relativo alla coordinata z che è stata ricercata in primis trovando una mediazione tra la direzione delle pareti verticali del vano, in realtà abbastanza irregolari. Le intersezioni degli otto piani verticali notevoli (quattro pareti, due diagonali e due assi) sono state attentamente vagliate al fine di individuare l'ipotetico asse verticale, in posizione centrale. Già ad una prima analisi visiva emerge che l'andamento dei cerchi rossi (in particolare il quarto e il quinto) non segue un piano e richiama invece quello "festonato" ampiamente descritto in precedenza (fig. 08).

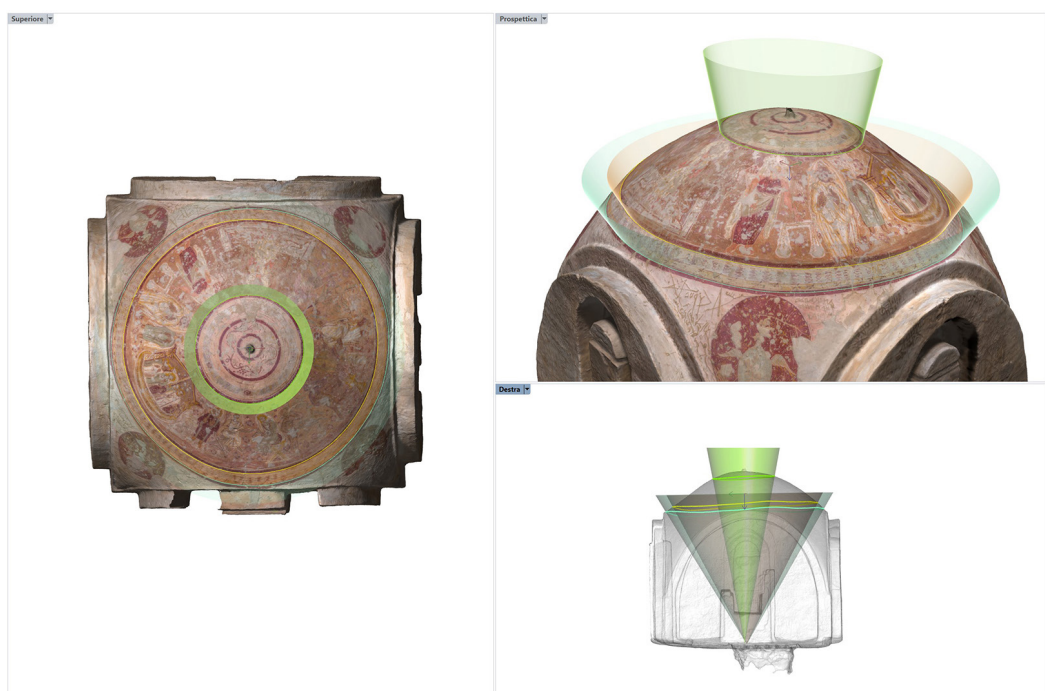



Fig. 08. Viste ortogonali e prospettica della volta della Cappella della Pace di el-Bagawat. In evidenza i tre coni con angoli al vertice di 60° (quinto circolo), 55° (quarto circolo) e 20° (terzo circolo). (Fotogrammetria digitale eseguita da Mohamed Abdelaziz).

Una tale forma, come si è visto, si ottiene dalla sezione di un cono con una superficie non rigorosamente sferica. Come si può notare (fig. 09) i coni che consentono di tracciare queste geometrie hanno vertice alla quota del pavimento della cappella e hanno angoli al vertice di 60° (quinto circolo), 55° (quarto circolo) e 20° (terzo circolo). Anche in questo caso la proiezione centrale ottenuta ponendo il punto di vista nel vertice dei coni restituisce dunque una immagine in cui le fasce rosse sono coerenti con il cerchio (fig. 09).
Resta ancora da decodificare la forma della volta che ha profili sulle diagonali riconducibili a degli archi di circonferenza, mentre le sezioni sugli assi seguono andamenti differenti.

Fig. 09. In alto la prospettiva della volta della Cappella della Pace di el-Bagawat realizzata ponendo il punto di vista nel vertice dei coni: in questa proiezione le fasce sono percepibili come cerchi. Sotto la vista ortogonale della cupola con le curve sghembe in evidenza.

Conclusioni

I tre casi analizzati ci attestano l'esistenza nel V secolo di un sistema proiettivo utilizzato per il tracciamento di linee circolari su superfici curve non regolari. Nel caso di Galla Placidia e della Cappella della Pace il centro di proiezione è unico, mentre a Santa Maria di Casaranello questo si sposta sull'asse verticale mantenendo però l'angolo al vertice del cono costante. Senza dubbio questi monumenti possono essere considerati documento di un sapere geometrico, teorico e pratico, evidentemente diffuso anche in aree geografiche e culturali così distanti tra di loro. La verifica su ulteriori esempi, come la tomba n. 25 della necropoli di el Bagawat (in cui quattro grandi uccelli di colore rosso porpora sorreggono un disco solare dipinto con scaglie di colore rosso e ocra) potrà in futuro evidenziare l'entità della diffusione del sistema e anche l'esistenza di eventuali peculiarità esecutive. Da questi iniziali risultati nasce la domanda sulle origini di un tale modello geometrico: se sia cioè da attribuire ad un ambito romano, bizantino, mediorientale, copto o altro.

Crediti e Ringraziamenti

Rilievi e restituzioni grafiche sono a cura dell'autrice, a meno di quando non espressamente dichiarato. Si ringrazia la Curia Arcivescovile di Ravenna per i permessi accordati. La campagna fotografica per la fotogrammetria digitale di Santa Maria di Casaranello è stata realizzata da Alessandro De Marco e Giorgia Martiriggiano. Si ringrazia Alessandro De Marco e l'Associazione Archeo-Casarano per il supporto nella ricerca. Il rilievo fotogrammetrico della Cappella della Pace di el-Bagawat è stato eseguito da Mohamed Abdelaziz che si ringrazia per la gentile concessione d'uso.

Riferimenti Bibliografici

Bartoccini, R. (1934). Casaranello e i suoi mosaici. In *Felix Ravenna*, n. XLV (3), pp. 157–185.

Bovini, G. (1950). *Il cosiddetto mausoleo di Galla Placidia in Ravennae*. Società Amici [delle] Catacombe presso Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Cecchelli Trinci, M. (1974). I mosaici di Santa Maria della Croce a Casaranello. In *Vetera Christianorum*, n. XI (1), pp. 167–186.

Cipriano, G. (2008). *El-Bagawat: un cimitero paleocristiano nell'alto Egitto*. Assisi: Tau.

Danieli, F., De Marco A. (2020). *Nuove ipotesi su Casaranello: l'edificio, il mosaico, gli affreschi*. Roma: Edizioni universitarie romane.

David, M. (a cura di). (2013). *La Basilica di Santa Croce: nuovi contributi per Ravenna tardoantica*. Ravenna: Edizioni del Girasole.

De Cadilhac, R., Guarnieri, A., Rossi, G. (2008). Strutture voltate. In De Cadilhac R. (a cura di). *L'arte della costruzione in pietra. Chiese di Puglia con cupole in asse dal secolo XI al XVI*, pp. 131–168. Roma: Gangemi.

De Carlo, L. (2019). Le linee curve tra geometria e analisi nel Rinascimento matematico. In De Carlo, L., Paris, L. (a cura di). *Le linee curve per l'architettura e il design*, pp. 45–70. Milano: Franco Angeli.

Falla Castelfranchi, M. (2005). I mosaici della chiesa di Santa Maria della Croce a Casaranello rivisitati. In Angelelli C. (a cura di). *Atti del X Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico (Lecce 18–21 febbraio 2004)*, pp. 13–24. Roma.

Gay, F. (2000). *Intorno agli omolografi strumenti e modelli per la geometria descrittiva*. Venezia: Istituto Universitario di Architettura di Venezia.

Iannucci, A. M. (1995). *Per una storiografia dei restauri ravennati: il mausoleo di Galla Placidia.* In *Corso di cultura sull'arte ravennate e bizantina, vol. 41: Ravenna, Costantinopoli, Vicino Oriente. In memoria del prof. F. W. Deichmann*, pp. 63–76. Ravenna: Edizioni del Girasole.

Iannucci, A. M. (1996). Il mausoleo ritrovato: dagli adattamenti settecenteschi ai progetti e restauri tra Ottocento e Novecento. In Rizzardi C. (a cura di). *Il Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*, pp. 171–206. Modena: Panini.

Incerti, M., Giannetti, S. (2020). La cupola di Galla Placidia e il suo cielo stellato: geometrie, modelli e tracciamenti The dome of Galla Placidia and its starred sky: geometries, models and tracings. In *Disegnare, Idee, Immagini*, n. 60, pp. 38–49.

Incerti, M., et al. (2018). The Mausoleum of Galla Placidia in Ravenna: archaeoastronomy, numbers, geometry and communication. In *Mediterranean Archaeology & Archaeometry. International Scientific Journal*, n. 18 (4), pp.181–189.

Incerti, M., Lavoratti, G., D'Amico, S. (2021). Gli strumenti della rappresentazione per l'astronomia culturale: il caso del Mausoleo di Galla Placidia. In Antonello, E. (a cura di ed.). *Atti del XVII Convegno SIA. Ex Oriente Mithra: and the others. Astronomical contents in the cults of Eastern origin in ancient Italy and Western Mediterranean*, pp. 273–293. Padova: Padova University Press.

Lo Prete, L. (1964). Valore e significato dell'architettura nella cappella di S. Andrea a Ravenna. In *Felix Ravenna*, n. III (38), pp. 5–96.

Penni, E. (2021). *San Lorenzo o re Davide? La liturgia funeraria antica nei mosaici del mausoleo di Galla Placidia*. Ravenna: Edizioni del Girasole.

Perfido, P. (2008). Sistemi di raccordo negli edifici a cupola in Puglia. Il passaggio dal quadrato al cerchio. In Giovannini, M., Ginex, G. (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*, pp. 311–321. Roma: Kappa.

Ranaldi, A. (2011). Dalla realtà sensibile all'astrazione. La volta stellata del mausoleo di Galla Placidia. In Kniffitz L. (a cura di). *Architettura e mosaico. Atti della Giornata di studi, Ravenna 9 ottobre 2010*, pp. 20–42. Ravenna: MAR - Museo d'Arte Ravenna.

Ricci, C. (1914). *Il mausoleo di Galla Placidia in Ravenna*. Roma: Calzone E.

Rizzardi, C. (1996). L'architettura del Mausoleo tra Oriente e Occidente: cosmopolitismo e autonomia. In Rizzardi, C., Angiolini Martinelli, P. (a cura di). *Il mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*, pp. 129–146. Modena: Panini.

Rizzardi, C. (2005). *Il cielo stellato del mausoleo di Galla Placidia.* In Pasi S. and Mandolesi A. (a cura di). *Studi in memoria di Patrizia Angiolini Martinelli. Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Dipartimento di Archeologia*, pp. 277–288. Bologna: Ante Quem.

Rizzardi, C., Angiolini Martinelli, P. (1996). *Il mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*. Modena: F.C. Panini.

Rossi, G. (2008). Geometria delle cupole in Puglia. Confronti tra architettura religiosa medioevale e le costruzioni rurali in pietra a secco. In Giovannini, M., Ginex, G. (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*, Kappa, pp. 323–341. Roma.

Salvatore, M. (2019). Geometria delle linee curve per la genesi della forma. In De Carlo L., Paris L. (a cura di). *Le linee curve per l'architettura e il design*, pp. 73–108. Milano: Franco Angeli.

Stefano, L. (2018). *S. Maria della Croce (Casaranello). Oltre un secolo di studi su un monumento paleocristiano del Salento*. Lecce: Edizioni Grifo.

Swift, E., Alwis, A. (2010). The role of late antique art in early Christian worship: a reconsideration of the iconography of the 'starry sky' in the 'Mausoleum' of Galla Placidia. In *Papers of the British School at Rome*, n. 78, pp.193–217.

Autore
Incerti Manuela, Dipartimento di Architettura, Ferrara. icm@unife.it

Per citare questo capitolo: Incerti Manuela (2022). La proiezione centrale come sistema di tracciamento sulle pseudo-cupole del V secolo/The central projection as a tracing system on the fifth century pseudo-domes. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 700-719.

Isbn 9788835141938

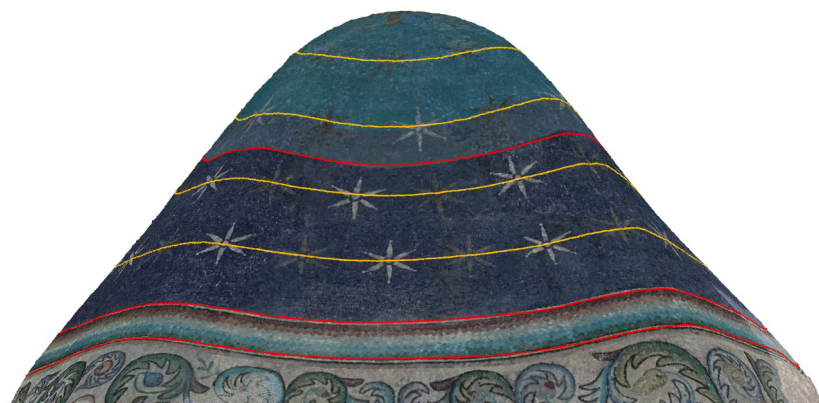
The central projection as a tracing system on the fifth century pseudo-domes

Manuela Incerti

Abstract

In previous research on the decoration of the pseudo-dome of the Mausoleum of Galla Placidia (432-450), the presence of a geometric rule was highlighted in the tracing of the famous starry sky composed of circles of stars that do not lie on horizontal planes. From the instrumental survey and its restitution in the orthogonal, it is clear even at first glance that the trend of the golden stars is attributable to a spaced curve (a sort of festoon), which in the study was related to the intersection of a cone with vertical axis with the non-regular surface of the ceiling. Having fixed the position of the apex of the cone (the center of projection), the curves useful for arranging the stars are obtained by varying its angle at the vertex. The present work proposes two unpublished contemporary cases to support the previously formulated hypothesis: the pseudo-dome of Santa Maria della Croce in Casaranello (Lecce, 5th century) and the vault of the Peace Chapel of the paleochristian necropolis of el-Bagawat (Egypt, first half of the 5th century).

Keywords
Survey, central projection, pseudo-domes, space curves, tracings

Topics
Deducing, Investigating, Understanding

Orthogonal view of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello with the skewed curves.

doi.org/10.3280/oa-832-c49

Introduction

This research began with the survey of the Mausoleum of Galla Placidia, carried out using a Faro Focus X 330 laser scanner and digital photogrammetry [Incertli et al. 2018]. Starting from the morphological and material data integrated together it was possible to trigger a new path of analysis that develops, thanks to the potential of digital graphics, in the context of revers modelling processes.
From the analysis of the data, the existence of a geometric principle emerged in the texture of the starry sky of the pseudo-dome and, subsequently, the hypothesis of a construction machine useful for carrying out its tracking was formulated. The orthogonal views of the main planes (fig. 01) allow you to appreciate how the trend of the curves of stars, perceived as circular and flat on the spot, is actually comparable to a space curve, the result of a projection operation on the surface of the roofing from a centrally located point, approximately at the height of the base of the windows. The underlying geometric rule is based on a series of right angled cones, whose angle at the vertex increases progressively, and whose possibility of materialization is given by the knowledge of the operating principles of the astronomical instrument called *Triquetro* and of *Ptolemy's table of chords* [Incerti, Giannetti 2020].

This work, starting from the case of Galla Placidia, constitutes the continuation of the research aimed at identifying other similar cases, comparable by historical period, in order to contribute to the understanding of geometric, theoretical and practical knowledge in early Christian works as well as identification of possible relationships between geographical and cultural areas

The decoration of the pseudo-dome of Galla Placidia

Erected between 432 and 450 [David 2013, pp. 95-97], originally the Mausoleum was probably one of the two chapels placed at the end of the narthex of the Basilica of Santa Croce (424), a famous sacred building among the oldest in Ravenna. The mosaic that covers most of the internal surfaces, in an excellent state of conservation, is universally known and testifies to the technical and artistic skills active in the capital, Ravenna, during the period of decline of the Western Roman Empire.

Fig. 01. Overlap between the point cloud produced with laser scanner survey and the orthophoto processed with digital photogrammetry (interiors: 212 photos, 90 targets).

Today, it appears as a small isolated Latin cross building with the arms covered by barrel vaults, while at the intersection of these there is a pseudo-dome delimited by the four floors of the arches of the central compartment, with a base similar to a regular parallelogram of sides opposites equal to about 12.5 and 12.1 Roman feet (3.70 and 3.59 meters). The pseudo-dome is decorated with 567 golden eight-pointed stars on a blue background, and presents in the center a large cross with an east-west orientation, while on the corners are the figures of the four living creatures (fig. 01).

The attention of illustrious scholars has focused on this architecture and its starry sky. Since the beginning of the twentieth century, they have investigated its historical, artistic, iconographic, but also technological and conservative aspects. For the extensive bibliography, see [Bovini 1950; Iannucci 1995, 1996; Penni 2021; Ranaldi 2011; Ricci 1914; Rizzardi 2005; Rizzardi et al. 1996; Swift, Alwis 2010].

As mentioned, a first contribution to the knowledge on the decorative motif came from the identification of the geometric principle used for its tracing, followed by the definition of the angular measurements relating to the bundle of cones, whose intersection with the mesh gives us the "festoon" trends related to a space curve (figs. 02, 03). As we know, space curves were already investigated since ancient times, think for example of the curve of Archita of Taranto, and of the *hippopetus* of Eudoxus of Cnidus [De Carlo 2019; Gay 2000; Salvatore 2019].

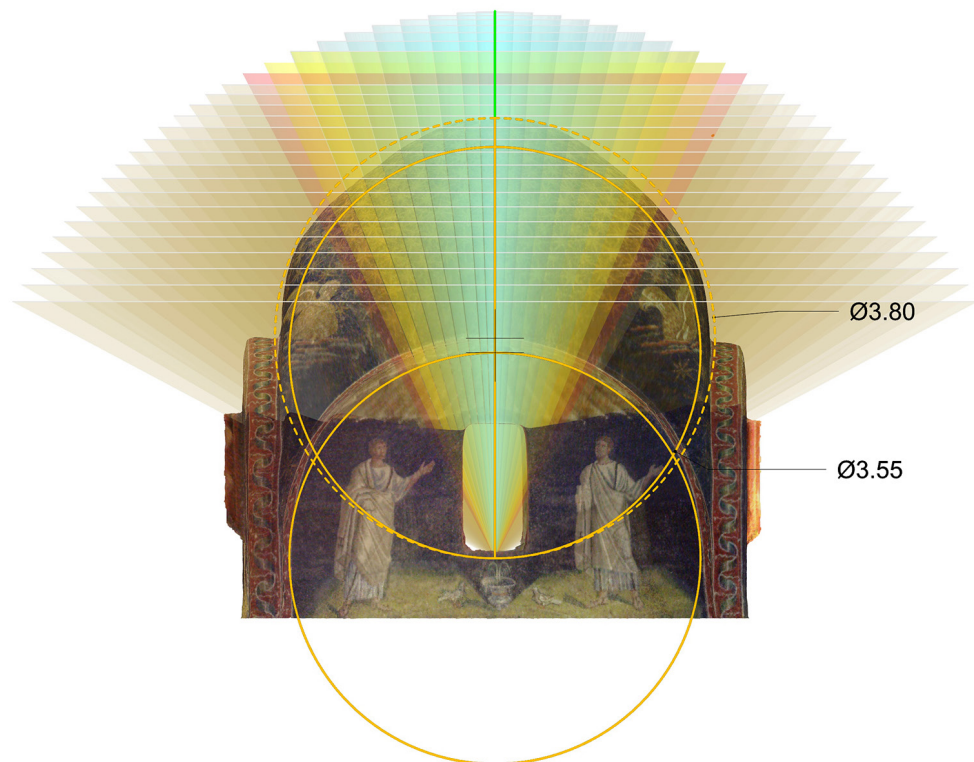



Fig. 02. Set of cones, from whose intersection with the surface of the dome we obtain the space curves useful for tracing the decorative apparatus. In yellow the two circles with a diameter of 12 feet (3.55 meters) at the base of the geometric composition.

The center of the system is placed at the height of the lower edge of the last row of windows. The apex angle of the cones used gradually increases by some "round" quantities equal to 2°, 2,5° and 3°; the sequence used to measure the angle between the generatrix and the vertical is, therefore: 2°, 4°, 7°, 10°, 13°, 16°, 19°, 21°, 23°, 25°, 27.5°, 30°, 32°, etc.
To be able to materialize such a system of cones in space, setting up a construction machine was necessary, whose operation may have been inspired by the astronomical instrument

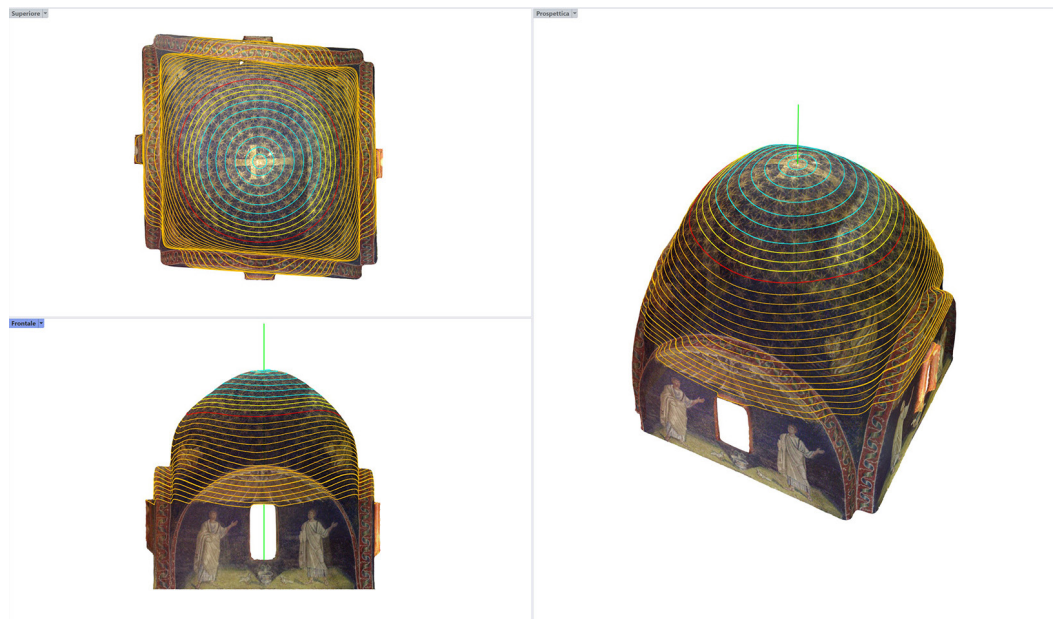



Fig. 03. "Festooned" movement of the space curves that becomes more and more evident as you proceed from top to bottom.

called the *Triquetro.* Ptolemy describes its form and use in the *Almagest* (Book V, chap. XII): through the use of two graduated rods and a third one with two sights, it is possible to measure the zenith angle of a celestial body passing through the local meridian. At the basis of its functioning is the table of the strings (the oldest version to reach us is to be attributed once again to Ptolemy) which provides the relationship between the angle at the center of a circumference and the relative subtended string (*Almagest*, book I, chap. X and XI).
The construction machine was therefore composed of three rods, whose length is compatible with the submultiple base "6" of the *Ptolemy's table of chords*, given that the dimensions of the dome are slightly greater than 12 Roman feet. To be able to determine the intersections of the cones (whose vertex is on the circumference with a radius of 6 feet at the height of the base of the windows) with the surface of the dome, it is necessary to extend the direction of the rod thanks to a telescopic system with a tracing tip.

The decoration of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello

In the literature on early Christian architecture, analogies are often proposed between the Mausoleum of Galla Placidia and some sacred buildings of small dimensions with a cruciform plan. However, in these buildings (in the rare cases in which they have survived) we find cross vaults or sail vaults. As an example, the similarities with the *Apostoleion* of Constantinople, with the *Basilica Apostolorum* and with San Simpliciano of Milan have been highlighted. The typology is that of the cruciform chapels, widespread between the fifth and sixth centuries, to be related to the funerary tradition of Asia Minor, Cappadocia, Lycia, Calicia, Greece and Armenia. Finally, studies mention the numerous chapels with a Greek cross plan along the Adriatic coast (late 5th - early 6th century) [Lo Prete 1964; Rizzardi 1996] . Uncommon are the decorations that evoke starry skies (at least the surviving ones) recently the subject of an initial investigation [Incerti et al. 2021].
The church of Santa Maria di Casaranello, formerly known as Madonna della Croce, is a medium-sized sacred building located in a hamlet of the Municipality of Casarano, in the province of Lecce. In its current conformation, the four arms of the Latin cross are covered by barrel vaults. At the intersection of these, there is a pseudo-dome delimited by the four floors of the arches of the central compartment, with an almost square base, of sides equal to about 10.5 Roman feet (the average size of the side is 3.11 meters).

Since its "rediscovery" in 1906 by Haseloff, it has been constantly connected to our Ravenna building due to the mosaic cycle that decorates the central span of its transept: a sky with 67 stars at the center of which is a large cross (fig. 04).

Fig. 04. View of the detail of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello (photo by Alessandro De Marco).

The building, whose construction phases have not yet been fully resolved [Stefàno 2018; Danieli, De Marco 2020], is traced back to the first phase of the fifth century precisely because of the mosaics [Cecchelli, Trinci 1974], even if new studies postpone the dating to the end of the fifth beginning of the sixth century [Falla, Castelfranchi 2005].

The photogrammetric survey (fig. 05, 06) (50 photographs elaborated with *Metashape, Agisoft*) made it possible to give an initial answer to what was only intuited by some (few) of the scholars who dealt with the building and the morphology of its pseudo-dome: already in 1934, Bartoccini wrote about a dome with a "piriform" profile [Bartoccini 1934, p. 163].

This surface, apparently irregular, cannot be traced back to operations by revolving a profile curve, a cross vault or a pavilion vault. Its geometric genesis, for which reference is made to another essay, finds stringent analogies with that of Galla Placidia: the "area of the pendentives" in fact presents a surface in absolute continuity with the remaining parts.

Fig. 05. Orthogonal views of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello. On the right, the cones with a vertex angle of 80 ° from whose intersection with the surface of the roof the curves of the decorative score are obtained (highlighted on the left).

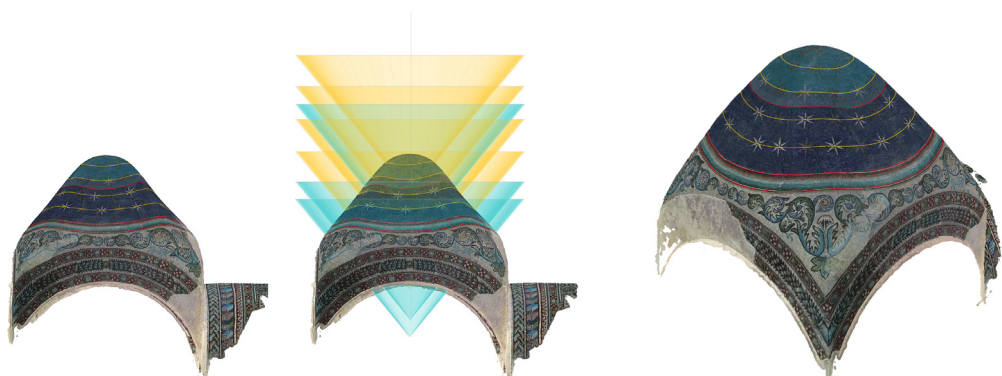



Fig. 06. Perspective view of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello . In red the curves relating to the blue cones (geometric bands of the decoration), in yellow those relating to the yellow cones (circles of stars).

As has already been highlighted [Incerti, Giannetti 2020] , it is a typology that persists in the Apulian construction tradition of the Middle Ages: this is evident from the stone architecture of San Vito a Corato (Bari, 11th-12th century) and various other already extensively documented buildings (De Cadilhac et al. 2008; Perfido 2008; Rossi 2008). We have no evidence of the progress of the structure of this pseudo-dome, but from the correspondence between the restorations of 1913-14 we learn that it is in tuff blocks (Stefàno 2018, p. 610).
Its decorations can be divided into several concentric bands (fig. 07). Starting from the key we have: 1) the Latin cross flanked by 4 gray stars on a turquoise background; 2) round of 9 gray stars on a turquoise background; 3) circle of 13 stars of alternating gray and white color (the odd number involves the juxtaposition of two white stars) straddling the passage of color of the background that changes from turquoise to blue-indigo; 4) limit line between the light blue-indigo and dark blue background; 5) round of 18 stars of alternating gray and white color on a dark blue background; 6) rotation of 23 stars of alternating gray and white color (the odd number involves the side by side of two white stars) on a dark blue background; 7) band delimited by a line consisting of a single white tile followed by: a black line (of a single tessera), a polychrome motif (which evokes a rainbow) with rhombuses formed by 4 tesserae (in sequence red, gray, orange, yellow, light blue, white, light blue, turquoise, light blue, turquoise, green); 8) the last band consists of a black, a white, and a black line, all made with a single tesserae, followed by a line of two gray tesserae. Excluding the 4 central stars, there are therefore seven space curves that have been traced on the surface.

Fig. 07. Upper orthogonal view of the pseudo-dome of Santa Maria di Casaranello. In red the curves relating to the blue cones (geometric bands of the decoration), in yellow those relating to the yellow cones (circles of stars).

Also in this case, it is possible to grasp the apparent irregularities in the tracing of the decorations even with the naked eye, which become very evident in the orthophotos: the curves of the various circles seem to contract at the four corners of the small space.
These lines are once again consistent with the intersection of a system of cones with the surface of the pseudo-dome. In this case, however, the center is not unique, but moves progressively upwards while the measurement of the angle at the apex of the cone remains constant: 80 ° for all seven bands.

The decoration of the vault of the Chapel of Peace in el-Bagawat

The application of this process to the study of similar contemporary pseudo-domes is not immediate due to the difficulty of finding comparable examples for epoch and morphology. Not only, as has already been written, representations of starry skies are rare, but also these particular surfaces are also unknown: not attributable to operations of revolving or translation. In the search for chronologically close examples, the encounter with the vaults of some Egyptian Coptic mausoleums with circular drawings, has allowed, albeit with the typological differences highlighted below, to introduce a further case study on this process.

The early Christian necropolis of el-Bagawat is located in Egypt, near the city of Kharga, and houses a very large number of mausoleums: 263 funerary structures with monumental value. Dated between the end of the third and the beginning of the sixth century AD, the buildings that cover the archeological area can be traced back to some identified and cataloged typologies on the basis of their architectural and planimetric characteristics [Cipriano 2008] . These are small buildings with a square or rectangular plan in unfired bricks, generally finished in mud plaster, followed (in some cases) by a finish in lime or white plaster. The underground chamber, intended to house the burials, was dug into the rocky ground, often in the center of the space delimited at the top by a flat roof or similar to a lowered sail vault, according to techniques quite widespread also in other Egyptian necropolises [Cipriano 2008, p . 30].

The Chapel of Peace [Cipriano 2008, p. 195] is located in the south-east area of the cemetery. It has a square plan of about 3.2 meters and a vault, apparently with a sail, decorated with a complex program organized in several concentric bands delimited by brick red circumferences (figs. 08, 09). Starting from the key, we find a hole and an area without drawings defined by the first red circle; in the second band there is a motif with shoots and bunches; in the third a garland with plant motifs; in the fourth (the major) are biblical and allegorical characters whose names in Greek are inscribed in the third red circle. Two other red circles (fourth and fifth) delimit the last band with geometric motifs. On the four corners, in circles of red color again, are the representations of four peacocks. The dating proposed for this building is the first half of the 5th century AD.

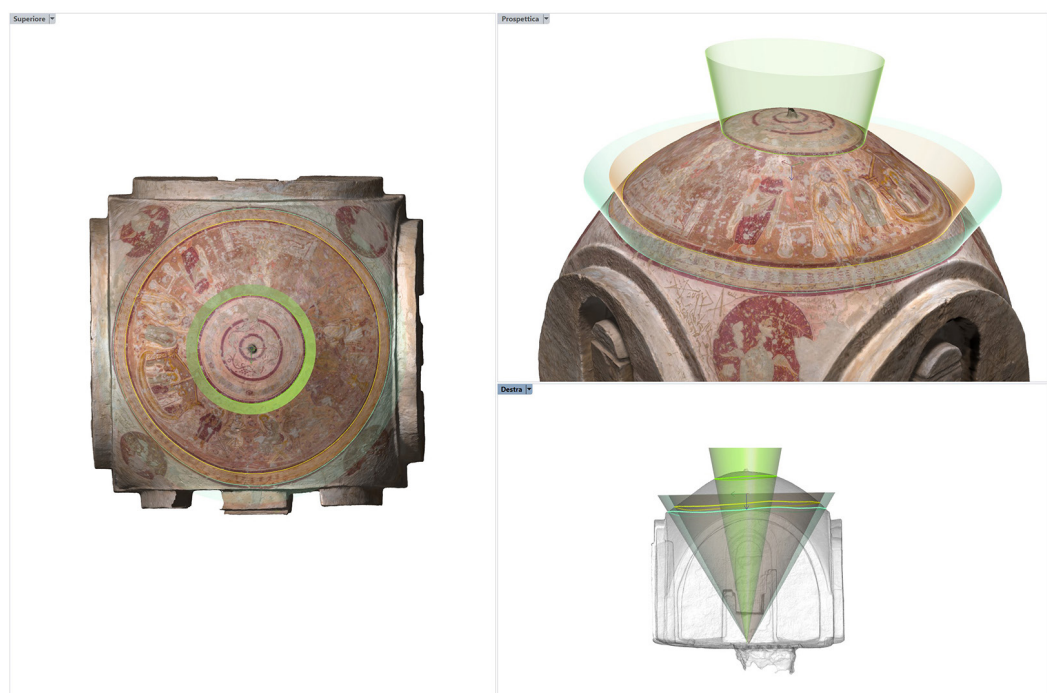



Fig. 08. Orthogonal and perspective views of the vault of the Peace Chapel of el-Bagawat. The three cones with vertex angles of 60° (fifth circle), 55° (fourth circle) and 20° (third circle) are highlighted. (Digital photogrammetry by Mohamed Abdelaziz).

The basis for the data analysis was provided by the model elaborated by digital photogrammetry (*Agisoft Metashape*) from which only the internal surfaces of the chapel were extracted. The morphological data together with the material data allow the implementation of the same procedure already illustrated in the two previous cases.

As for Santa Maria di Casaranello, the first limitation of this type of model lies in the absence of the data relating to the z coordinate, identified primarily by finding a mediation between the direction of the vertical walls of the room, which are actually quite irregular. The intersections of the eight notable vertical planes (four walls, two diagonals and two axes) were carefully examined in order to identify the hypothetical vertical axis, in a central position.

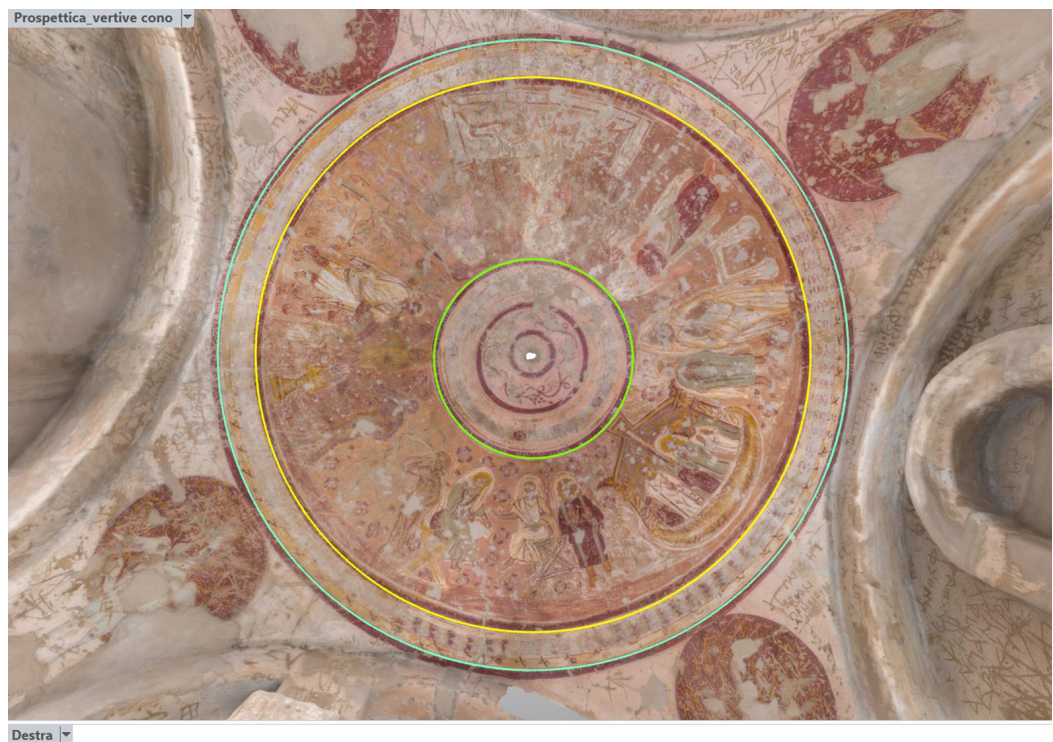



Fig. 09. Above the perspective of the vault of the Chapel of Peace in el-Bagawat, made by placing the point of view at the apex of the cones: in this projection the bands are perceivable as circles. Below the orthogonal view of the dome with the skewed curves in evidence.

Already from a first visual analysis, it emerges that the trend of the red circles (in particular the fourth and fifth) does not follow a plane and instead recalls the "festooned" one widely described above (fig. 8). Such a shape, as we have seen, is obtained from the section of a cone with a surface that is not strictly spherical. As it can be seen (fig. 09) the cones that allow tracing of these geometries have a vertex at the level of the floor of the chapel and have angles at the vertex of 60° (fifth circle), 55° (fourth circle) and 20° (third circle). Also, in this case, the central projection obtained by placing the point of view in the vertex of the cones, therefore, returns an image in which the red bands are coherent with the circle (fig. 09).
The shape of the vault still remains to be decoded, which has profiles on the diagonals that can be traced back to arcs of circumference while the sections on the axes follow different geometries.

Conclusions

The three cases analyzed attest to the existence of a projective system used in the fifth century for tracing circular lines on non-regular curved surfaces. In the case of Galla Placidia and the Cappella della Pace, the projection center is unique, while in Santa Maria di Casaranello this shifts on the vertical axis while keeping the angle at the apex of the cone constant. Undoubtedly, these monuments can be considered a document of geometric, theoretical and practical knowledge, evidently widespread also in geographic and cultural areas so distant from each other. The verification of further examples, such as tomb no. 25 of the necropolis of el Bagawat (in which four large purple-red birds support a solar disk painted with red and ocher flakes) will in the future highlight the extent of the diffusion of the system and the existence of any executive peculiarities. From these initial results, the question arises about the origins of such a geometric model: that is, whether it is to be attributed to a Roman, Byzantine, Middle Eastern, Coptic or another context.

Credits and Thanks

Surveys and drawing are the responsibility of the author unless expressly stated. Thanks to the Archiepiscopal Curia of Ravenna for the permissions granted. The photographic campaign for digital photogrammetry of Santa Maria di Casaranello was created by Alessandro De Marco and Giorgia Martiriggiano. Thanks to Alessandro De Marco and the Archeo-Casarano Association for their support in the research. The photogrammetric survey of the Peace Chapel in el-Bagawat was carried out by Mohamed Abdelaziz who is thanked for his kind concession of use.

Riferimenti Bibliografici

Bartoccini, R. (1934). Casaranello e i suoi mosaici. In *Felix Ravenna*, n. XLV (3), pp. 157–185.

Bovini, G. (1950). *Il cosiddetto mausoleo di Galla Placidia in Ravennae*. Società Amici [delle] Catacombe presso Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Cecchelli Trinci, M. (1974). I mosaici di Santa Maria della Croce a Casaranello. In *Vetera Christianorum*, n. XI (1), pp. 167–186.

Cipriano, G. (2008). *El-Bagawat: un cimitero paleocristiano nell'alto Egitto*. Assisi: Tau.

Danieli, F., De Marco A. (2020). *Nuove ipotesi su Casaranello: l'edificio, il mosaico, gli affreschi*. Roma: Edizioni universitarie romane.

David, M. (a cura di). (2013). *La Basilica di Santa Croce: nuovi contributi per Ravenna tardoantica*. Ravenna: Edizioni del Girasole.

De Cadilhac, R., Guarnieri, A., Rossi, G. (2008). Strutture voltate. In De Cadilhac R. (a cura di). *L'arte della costruzione in pietra. Chiese di Puglia con cupole in asse dal secolo XI al XVI*, pp. 131–168. Roma: Gangemi.

De Carlo, L. (2019). Le linee curve tra geometria e analisi nel Rinascimento matematico. In De Carlo, L., Paris, L. (a cura di). *Le linee curve per l'architettura e il design*, pp. 45–70. Milano: Franco Angeli.

Falla Castelfranchi, M. (2005). I mosaici della chiesa di Santa Maria della Croce a Casaranello rivisitati. In Angelelli C. (a cura di). *Atti del X Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico (Lecce 18–21 febbraio 2004)*, pp. 13–24. Roma.

Gay, F. (2000). *Intorno agli omolografi strumenti e modelli per la geometria descrittiva*. Venezia: Istituto Universitario di Architettura di Venezia.

Iannucci, A. M. (1995). *Per una storiografia dei restauri ravennati: il mausoleo di Galla Placidia*. In *Corso di cultura sull'arte ravennate e bizantina, vol. 41: Ravenna, Costantinopoli, Vicino Oriente. In memoria del prof. F. W. Deichmann*, pp. 63–76. Ravenna: Edizioni del Girasole.

Iannucci, A. M. (1996). Il mausoleo ritrovato: dagli adattamenti settecenteschi ai progetti e restauri tra Ottocento e Novecento. In Rizzardi C. (a cura di). *Il Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*, pp. 171–206. Modena: Panini.

Incerti, M., Giannetti, S. (2020). La cupola di Galla Placidia e il suo cielo stellato: geometrie, modelli e tracciamenti The dome of Galla Placidia and its starred sky: geometries, models and tracings. In *Disegnare, Idee, Immagini*, n. 60, pp. 38–49.

Incerti, M., et al. (2018). The Mausoleum of Galla Placidia in Ravenna: archaeoastronomy, numbers, geometry and communication. In *Mediterranean Archaeology & Archaeometry. International Scientific Journal*, n. 18 (4), pp.181–189.

Incerti, M., Lavoratti, G., D'Amico, S. (2021). Gli strumenti della rappresentazione per l'astronomia culturale: il caso del Mausoleo di Galla Placidia. In Antonello, E. (a cura di ed.). *Atti del XVII Convegno SIA. Ex Oriente Mithra: and the others. Astronomical contents in the cults of Eastern origin in ancient Italy and Western Mediterranean*, pp. 273–293. Padova: Padova University Press.

Lo Prete, L. (1964). Valore e significato dell'architettura nella cappella di S. Andrea a Ravenna. In *Felix Ravenna*, n. III (38), pp. 5–96.

Penni, E. (2021). *San Lorenzo o re Davide? La liturgia funeraria antica nei mosaici del mausoleo di Galla Placidia*. Ravenna: Edizioni del Girasole.

Perfido, P. (2008). Sistemi di raccordo negli edifici a cupola in Puglia. Il passaggio dal quadrato al cerchio. In Giovannini, M., Ginex, G. (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*, pp. 311–321. Roma: Kappa.

Ranaldi, A. (2011). Dalla realtà sensibile all'astrazione. La volta stellata del mausoleo di Galla Placidia. In Kniffitz L. (a cura di). *Architettura e mosaico. Atti della Giornata di studi, Ravenna 9 ottobre 2010*, pp. 20–42. Ravenna: MAR - Museo d'Arte Ravenna.

Ricci, C. (1914). *Il mausoleo di Galla Placidia in Ravenna*. Roma: Calzone E.

Rizzardi, C. (1996). L'architettura del Mausoleo tra Oriente e Occidente: cosmopolitismo e autonomia. In Rizzardi, C., Angiolini Martinelli, P. (a cura di). *Il mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*, pp. 129–146. Modena: Panini.

Rizzardi, C. (2005). *Il cielo stellato del mausoleo di Galla Placidia*. In Pasi S. and Mandolesi A. (a cura di). *Studi in memoria di Patrizia Angiolini Martinelli. Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Dipartimento di Archeologia*, pp. 277–288. Bologna: Ante Quem.

Rizzardi, C., Angiolini Martinelli, P. (1996). *Il mausoleo di Galla Placidia a Ravenna*. Modena: F.C. Panini.

Rossi, G. (2008). Geometria delle cupole in Puglia. Confronti tra architettura religiosa medioevale e le costruzioni rurali in pietra a secco. In Giovannini, M., Ginex, G. (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*, Kappa, pp. 323–341. Roma.

Salvatore, M. (2019). Geometria delle linee curve per la genesi della forma. In De Carlo L., Paris L. (a cura di). *Le linee curve per l'architettura e il design*, pp. 73–108. Milano: Franco Angeli.

Stefano, L. (2018). *S. Maria della Croce (Casaranello). Oltre un secolo di studi su un monumento paleocristiano del Salento*. Lecce: Edizioni Grifo.

Swift, E., Alwis, A. (2010). The role of late antique art in early Christian worship: a reconsideration of the iconography of the 'starry sky' in the 'Mausoleum' of Galla Placidia. In *Papers of the British School at Rome*, n. 78, pp.193–217.

Author
Incerti Manuela, Dipartimento di Architettura, Ferrara. icm@unife.it

To cite this chapter: Incerti Manuela (2022). La proiezione centrale come sistema di tracciamento sulle pseudo-cupole del V secolo/The central projection as a tracing system on the fifth century pseudo-domes. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 700-719.

 Isbn 9788835141938